

# Sprunggelenkarthrodese und Sprunggelenkprothetik – ein Vergleich

Ursprünglich stammt der Begriff Arthrodese aus dem Griechischen und lässt sich mit „Gelenkbindung“ übersetzen. Der Innsbrucker Chirurg Eduard Albert veröffentlichte einen Artikel über „Eine Kniegelenksresektion mit vollständiger Naht und primärer Vereinigung“, nachdem er diese Operation an einem 17-jährigen Jungen mit postinfektiöser spitzwinkliger Kniekontraktur durchgeführt hatte. Durch eine Naht mit Silberdraht war die Vereinigung von Femur und Tibia erfolgt. Mit diesem Eingriff wurde der Anstoß für operative Gelenkversteifungen gegeben [2]. Albert versteifte auch das obere Sprunggelenk (OSG) bei einem 14-jährigen Mädchen, welches an einer polyomyelitischen Lähmung mit Fußdeformität litt [2, 64].

Die Beinlähmung war damals die Hauptindikation für Arthrodeseoperationen. Mit Beginn des 20. Jahrhunderts wurden zahlreiche unterschiedliche Arthrodese-Techniken für das OSG vorgestellt [9]. Die Tripplearthrodese wurde von Niemy [53] beschrieben. Bei dieser Operation wurden das Subtalargelenk und das Chopart-Gelenk durch Gelenkflächenresektion ohne zusätzliche Stabilisierung versteift [76]. Bier et al. [10] stellten als erste eine umfassende „chirurgische Operationslehre“ mit Darstellung der möglichen Arthrodese-Techniken vor [64]. Die Fixierung der Resektionsflächen rückte als Kernproblem immer mehr in den Mittelpunkt. Man war sich der Tatsache bewusst, dass die Kompression der Arthrodese-Flächen wesentlich zur Vermeidung

von Komplikationen (Infektion, Pseudarthrosen) beitrug [6].

Ein neues biomechanisches Prinzip zur Arthrodese-Technik wurde durch Charnley [16] mit dem Fixateur externe vorgestellt [63, 64]. Später tendierte die Entwicklung hin zu Verwendung interner Fixationsmontagen, welche größere Stabilität und Verminderung der Komplikationsrate aufwiesen.

Die Verwendung von Spongiosaschrauben zur Gelenkversteifung, die Gelenkanfrischung, die Verwendung einer Spongiosaplastik, die Technik der Arthrodese des OSG durch Osteosynthese mit Kompressionswinkelplatten und das Prinzip der Zugschraubenosteosynthese wurden jeweils 1964, 1966, 1973 vorgestellt [30, 45, 62].

Bis heute werden in zahlreichen Publikationen verschiedene Transplantate und Implantate zur Durchführung der beiden Hauptarthrodese-Techniken, der Kompressionsarthrodese und der Verriegelungsarthrodese beschrieben [6, 7, 8, 11, 26, 29, 32].

Mit der Arthroskopie und der oft nur kurzzeitigen Linderung nach Lavage und/oder Débridement [70, 71] entwickelte sich auch rasch das Interesse an der arthroskopisch assistierten Arthrodese (AAA) [4, 33, 34, 36, 44]. Bei der offenen und der AAA ist die endgültige Fusionsrate in etwa vergleichbar. Die AAA weist neben zügiger Konsolidierungszeit, geringem Blutverlust und geringerer Morbiditätsrate auch eine kürzere Klinikverweildauer und eine schnellere Mobilisation auf [Tab. 1], [51, 54].

Auch heutzutage ist die operative Versteifung des OSG bei primären oder sekundären Arthrosen oder Funktionsstörungen nach wie vor ein bewährtes, sicheres und leistungsfähiges Standardverfahren, welches sich jedoch zunehmend dem Vergleich mit dem alloarthroplastischen Ersatz des OSG stellen muss.

## Operationstechniken

In der Literatur sind mehr als 30 verschiedene operative Techniken mit etwa 10 unterschiedlichen Operationszugängen beschrieben (Tab. 2). Unter den zahlreichen Arthrodese-Techniken mit Anfrischung der Gelenkfläche, mit Würfel- oder sonstigen Knocheninterpositionen, Verriegelungen und Kompressionsarthrosen haben sich die von Charnley [16] beschriebene Kompressionsarthrodese (mit Fixateur externe bzw. Ilisarow-Ringsystem) (Abb. 1) sowie die Schraubenarthrodese durchgesetzt [72], (Abb. 2). Deutlich seltener werden Arthrosen mit Platten oder primär mit intramedullärem Kraftträger durchgeführt (Abb. 3, 4).

1985 schrieben Morgan et al. [49], dass sie mit einem relativ einfachen Verfahren bei einem Kollektiv von 101 Patienten eine Fusionsrate von 96% erzielten. Die angewandte Technik bestand bei Erhaltung der Oberflächenkontur der Talusrolle und der Tibiafläche in einer transmalleolaren Schraubenfixation mit zwei gekreuzten Schrauben. Postoperativ wurde für 6 Wochen ein Unterschenkelgips ohne Belastung und für weitere 6 Wochen ein Unterschenkelgehgips angelegt. Wie aus der

J. Jerosch · H. Fayaz · H. Senyurt

### Sprunggelenkarthrodese und Sprunggelenkprothetik – ein Vergleich

#### Zusammenfassung

Die Arthrodese des oberen Sprunggelenks (OSG) ist für die fortgeschrittene Arthrose ein etabliertes Therapieverfahren. Eine Vielzahl unterschiedlicher Operationstechniken werden in der Literatur beschrieben. Bei nur geringen Fehlstellungen und geringer Knochenverluste ist die arthroskopisch assistierte Arthrodese heute eine weichteilschonende adäquate Technik.

Spezielle Risiken für die ausbleibende Konsolidierung der Arthrodese sind Rauchen, Infektion, unkorrekte Knochenpräparation und inadäquate postoperative Immobilisation. Mit entsprechender Schuhversorgung sind die Patienten über lange Zeit beschwerdearm und belastbar. Es treten zwar radio-

logische Anschlussarthrosen auf, die jedoch nicht immer klinisch manifest werden.

Konkurrierend zur Arthrodese tritt immer mehr die Endoprothese in Erscheinung. Die Implantation der Sprunggelenkprothese ist technisch anspruchsvoll. Während die OSG-Prothesen der 1. und 2. Generation noch unzufriedenstellende Ergebnisse aufweisen, sind die ersten mittel- und langfristigen Ergebnisse der modernen Prothesen der 3. Generation vielversprechend.

#### Schlüsselwörter

Oberes Sprunggelenk · Arthrodese · Sprunggelenkprothese

### Ankle arthrodesis versus ankle replacement – a comparison

#### Abstract

Ankle arthrodesis is performed for the treatment of unstable, arthritic, painful, and deformed ankle joints. A wide variety of surgical options and approaches exist to treat the difficult problem of an ankle arthrodesis. In patients with only minor ankle deformity and minor bone loss arthroscopically assisted fusion is the treatment of choice.

The risk for the development of a pseudarthrosis depends on clinical factors like corticoid medication, nicotine, incorrect alignment and improper mobilization. With adequate shoes the patients can remain asymptomatic for long time. Adjacent joints may show radiological degenerative changes in

the long-term follow-up; however, they do not need to be clinically symptomatic.

Nowadays total ankle replacement is a valid alternative. The surgical technique is demanding. Implants of the 1st and 2nd generation did not show satisfying results. The newer 3rd generation total ankle arthroplasties show promising medium-term and long-term results.

#### Keywords

Ankle joint · Ankle arthrodesis · Ankle arthroplasty

Literatur ersichtlich wird, ist diese Modifikation der Operationstechnik arthroskopisch gut durchführbar [19, 24, 30, 34, 38, 53, 66]. (■ Abb. 5).

Retrospektive Vergleiche von offenen und arthroskopischen Arthrodese-techniken haben gezeigt, dass Patienten, die mit der AAA operiert wurden, einen schnelleren Knochendurchbau, eine kürzere Klinikverweildauer und einen geringeren Blutverlust hatten; die endgültige Fusionsrate war jedoch gleich [51]. Die Indikation zur Durchführung der AAA ist jedoch stark abhängig von der Grunderkrankung und dem Ausmaß der Fehlstellung [54].

Bei Defektzuständen wie beispielsweise nach Explantation einer Sprunggelenkendoprothese ist der Fixateur externe nach wie vor die Methode der Wahl (■ Abb. 6).

### Einstellung der OSG-Arthrodese

Unabhängig von der gewählten Technik ist für die Langzeitfunktion der Arthrodese die Stellung wichtig [66]. Die ideale Position des Rückfußes nach einer Fusion ist Gegenstand vieler Diskussionen und wird in der Literatur nicht sehr unterschiedlich bewertet.

Morgan et al. [49] bezeichneten die Neutralposition mit geringer (<5°) Dorsal- oder Plantarflexion als wünschenswert. Funktionsuntersuchungen und Ganganalysen der Fußgelenke [14, 72] zeigen, dass eine optimale Einstellung der Arthrodese in Neutralstellung bis maximal 5° Spitzfuß mit Rückfußvalgus und leichter Außenrotation von 5–10° erfolgen soll.

Nach unserem Erachten soll die Flexion/Extension neutral eingestellt werden. Der Rückfuß soll eine geringgradige Valguseinstellung besitzen (etwa 5°). Die Außenrotation wird individuell entsprechend der Gegenseite angestrebt [63]. Eine Rückversetzung des Talus zur Reduktion des Hebelarms wird nicht mehr empfohlen, insbesondere um die Gangeometrie zu erhalten. Durch eine Talusrückversetzung wird der Fuß kürzer, was die Ausbalanzierung im Stand erschwert. Auch ist nicht bewiesen, dass sich hierdurch die Inzidenz und das Ausmaß von Anschlussarthrosen reduziert. In ähnlicher Weise äußern sich auch Ogilvie-Harris et al. [56].

Hier steht eine Anzeige.



**Tab. 1 Vergleich zwischen arthroskopisch assistierter Arthrodeese (AAA), offener Arthrodeese und Endoprothese am oberen Sprunggelenk**

Verfahren	Hospitalisierungsdauer	Konsolidierungszeit bzw. Zeit bis zum ossären Einbau der Implantatkomponenten	Zeit bis zur vollen Belastbarkeit	Kosmetik	Blutverlust	Gewebeschonend (Risiko der Wundheilungsstörung)	Komplikationsrate
AAA	+	++	+	++	++	+++	+++
Offenes Verfahren		+	+	(+)	+	-	++
Endoprothese		++	++	(+)	+	--	-

**Tab. 2 Literaturübersicht zu OSG-Arthrodesen**

Autor	Arthrodesenart und Anzahl	Konsolidierungsrate	Komplikationen	Anschlussarthrose	Zufriedenheit des Patienten	Ergebnisse AOFAS
Chen Taiwan, 1996	42 Schraubenarthrodesen, OSG	95%	15% (2 WHS, 2AI, 1RD, 1FS)	k.A.	k.A.	90% sehr gut 5% befriedigend 0% schlecht
Patterson Cleveland, 1997	27 Verschiebespanarthrodesen, OSG	95%	33% (1WHS, 1AL, 5SB)	k.A.	k.A.	92% sehr gut 4% befriedigend 4% schlecht
Levine Baltimore, 1997	23 Schrauben, Fixateur externe, Rearthrodesen OSG	91%	26% (1WHS, 3 AI, 2 RD)	4%	83%	17% sehr gut 61% befriedigend 22% schlecht
Bednarz Michigan, 1997	29 Arthrodesen, USG (subtalar) mit Knochenblock	86%	28% (4AI, 2 FS, 1 SF, 1NL)	k.A.	96%	65% sehr gut 14% befriedigend 12% schlecht (75 Pkt.)
Haddad Baltimore, 1997	29 Schraubenrevisionsarthrodesen USG (Tripple)	93%	39% (7WHS, 1TI, 2AI, 1FS)	k.A.	78%	59 Pkt.
Grass Dresden, 1998	17 Schraubenarthrodesen, OSG	100%	12% (1WHS, 1NL)	k.A.	k.A.	95% sehr gut 5% befriedigend 0% schlecht
Mann Oakland, 1998	81 Schraubenarthrodesen, OSG	88%	27% (12WHS, AI)	k.A.	89%	22% sehr gut (74 Punkte)
Kitaoka Minnesota, 1998	19 Schrauben und Fixateur externe-Arthrodesen OSG+USG	84%	21% (1 WHS, 2 FS, 1 SF)	21%	k.A.	68% sehr gut 16% befriedigend 16% schlecht
Dahm Minnesota, 1998	25 Schraubenarthrodesen USG (subtalar)	96%	12% (1WHS, 1AI, 1RD)	20%	88%	68% sehr gut 24% befriedigend 8% schlecht
Tiemann Bochum, 1998	27 Schrauben-Korrektur-Arthrodesen, USG (subtalar)	100%	7% (2WHS)	k.A.	k.A.	76 Punkte
Liener Ulm, 1999	21 tibioalcaneare Arthrodesen	100%	39% (2WHS, 2 AI, 2SF, 1 USA)	100%	66%	67% sehr gut 22% befriedigend 11% schlecht
Thermann Hannover, 1999	40 Schraubenarthrodesen, USG subtalar	97%	20% (6WHS, 1AI, 1TI)	62%	84%	67 Punkte
Rehart Frankfurt, 1999	23 Schrauben und Klammerarthrodesen, USG	96%	35% (4WHS, 1AI, 2TI, 1RD)	k.A.	k.A.	64 Punkte
Meyerson u. Quill Baltimore, 1991	33 internale Fixation und Kompression entlang des tibiotalaren-Gelenks		k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
O'Brien et al. Milwaukee, 1999	26 Arthrodesen (19 AAA, 17 offene AA)	AAA besser als offene AA	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.

AAA arthroskopisch assistierte Arthrodeese, AOFAS American Orthopaedic Foot and Ankle Society, FS Fehlstellung, NL Nervenläsion, AI Arthrodeseninsuffizienz, RD Reflexdystrophie, SB Spanbruch, SF Stressfraktur, TI tiefer Infekt, USA Unterschenkelamputation, WHS Wundheilungsstörung, k.A. keine Angaben, Pkt. Punkte.



**Abb. 1** ▲ OSG-Arthrodeese mit Fixateur externe

### Schraubenanordnung

Gegenstand der Diskussion ist jedoch immer wieder die Anordnung der Schrauben. Viele Autoren bevorzugen die Präparation der beiden tibialen und fibulären Gelenkflächen und den Einsatz der zwei gekreuzten Schrauben [19, 53, 76]. Während Myerson u. Quill [51] sich mit nur einer medialen Schraube zufrieden gaben, favorisieren Ogilvie-Harris et al. [55] drei Schrauben. Alonso-Vazquez et al. [3] haben gezeigt, dass eine mäßige Knochenqualität die Stabilität der AAA verringert und daher eine 3-Schrauben-Konfiguration angewendet werden sollte.

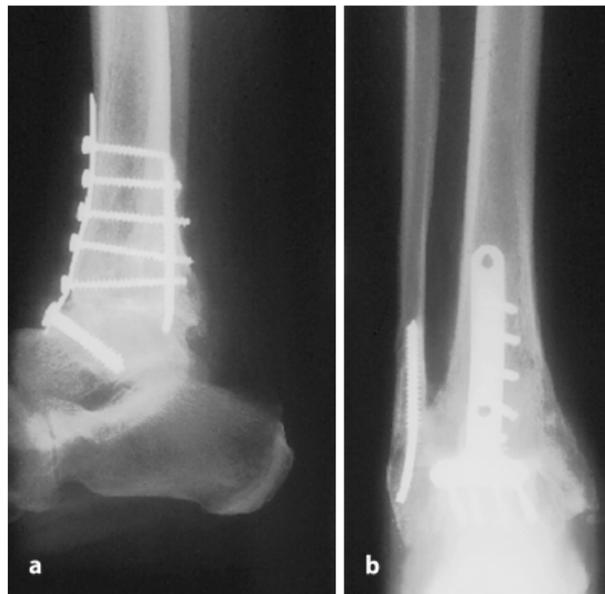
Bei guter Knochenqualität erachten wir zwei Schrauben bei der AAA als ausreichend. Mit der von uns angewandten, sich in der Frontalebene kreuzenden Schraubenanordnung wird die Rotations-sicherung erreicht. Die Stabilität in a.-p.- sowie mediolateraler Richtung ist bereits durch den Erhalt sowohl der konvexkonkaven Oberfläche als auch der Malleolargabel vorhanden und wird durch die Schrauben noch weiter gesichert. Bei mäßiger Knochenqualität, wie z. B. bei Patienten mit rheumatoider Arthritis, würden auch drei Schrauben bevorzugt.

Bei der konventionellen offenen Arthrodeese nutzen wir die Fibula als „Bio-platte“, welche mit zwei weiteren Schrauben mit Tibia und Talus fest verbunden wird (■ **Abb. 7**).

Eine Stabilisation mit Hilfe eines Fixateur externe ist zwar auch möglich, wird



**Abb. 2** ◀ OSG-Arthrodeese mit Schraubenfixation



**Abb. 3** ◀ Plattenarthrodeese

von den meisten Autoren jedoch nicht mehr für die primäre Arthrodeese empfohlen. Es können bereits während der Operation Probleme bei der Pinplatzierung sowie auch bei der anschließenden Distraction auftreten. Außerdem erfordert die Pinpflege eine höhere Compliance vom Patienten und nicht zuletzt müssen nach Abschluss der Immobilisation gehäuft verbleibende Funktionsstörungen im unteren Sprunggelenk (USG) in Kauf genommen werden [21].

### Implantation von OSG-Prothesen

Die Implantation einer Sprunggelenkprothese ist technisch sicher anspruchsvoller als die einer OSG-Arthrodeese. Für den Erfolg der Prothese sind anatomische Achsausrichtung, Bandinstabilität und Kno-

chenqualität Grundvoraussetzung. Ganz entscheidenden Einfluss werden bei der Betrachtung der Erfolgsrate und der Überlebensdauer das Prothesendesign sowie die Rekonstruktion der biomechanischen Eigenschaften des OSG haben. Prinzipiell unterscheidet man Prothesenmodelle der 1., 2. und 3. Generation. In Westeuropa werden quasi ausschließlich noch Modelle der 3. Generation mit mobilem Polyethylenlager verwendet. Näheres hierzu ist in den weiteren Artikeln dieser Ausgabe des Orthopäden zu finden.

### Nachbehandlung

Die Nachbehandlung nach OSG-Arthrodeese wird in der Literatur nicht einheitlich beschrieben. Es existieren z. T. kontroverse Meinungen zum einzuschlagenden

**Tab. 3** Prozentuale Rückkehrwahrscheinlichkeit zum Sport

Sport	Rückkehrwahrscheinlichkeit [%]
Golf	94
Skifahren	77
Tennis	38
Jogging	23
Laufen	11
Fußball	11

Nachbehandlungsregime, die von langfristiger Entlastungsnotwendigkeit bis zur sofortigen Vollbelastung reichen.

Es wird meistens postoperativ für zunächst 2 Wochen ein gut gepolsterter und gespaltener Unterschenkelliegegips angelegt. Der 1. Verbandwechsel erfolgt am 1. postoperativen Tag. Nach Abschwellung des Sprunggelenks wird für weitere 6 Wochen ein Gehgips angelegt und dem Patienten das Abrollen erlaubt. Eine Röntgenkontrolle erfolgt 6–8 Wochen nach der Operation und je nach radiologischem Durchbau kann der Patient dann mit der Vollbelastung beginnen.

Es gibt jedoch auch Verfechter der sofortigen Vollbelastung. Nach Thermann et al. [63] erfolgt bei stabiler Arthrodese die Behandlung gipsfrei und frühfunktionell mit einer Teilbelastung von 15 kg. Nach gesicherter Wundheilung wird für weitere 6 Wochen die Mobilisation im Therapie-schuh bei 30 kg Teilbelastung angestrebt.

Nach Implantation eines künstlichen Sprunggelenks ist der Patient deutlich früher mobilisiert. Zwar empfehlen nach wie vor viele Autoren, eine initiale Gipsbehandlung bis zur Wundheilung, danach kann der Patient dann jedoch rasch teil- und dann auch voll belasten. Nach 6 Wochen sind die Patienten oft wieder voll rehabilitiert.

### Sozialmedizinische Beurteilung

Bei stabilen Arthrosen und kooperativen Patienten ist die frühfunktionelle Behandlung angeraten. Die Arthrodese des OSG wird überwiegend mit einer MdE (Minderung der Erwerbsfähigkeit) von 20 v.H. bewertet.

Schürmann et al. [60] geben mit einer MdE von 15 v.H. eine niedrigere Einschätzung an. Aus rein funktioneller Sicht könnte man dieser Einschätzung für die

ideale OSG-Arthrodese zustimmen, da die verloren gegangene Funktion des OSG durch die Anschlussgelenke des Fußes teilweise kompensiert werden kann.

Die Einschränkungen sind im Vergleich zur Arthrodese der Gelenke von Hüfte (30 v.H.), Knie (30 v.H.), Schulter (30–40 v.H.), Ellenbogen (20–30 v.H.) und Handgelenk (25–30 v.H.) deutlich geringer [12, 46, 48, 58, 59, 60].

Die stabile OSG-Prothese mit guter Funktion ist mit einer Einschränkung von 20 v.H. einzustufen. Patienten mit Restbeschwerden und Funktionsstörungen können ohne weiteres auch mit Einschränkungen von 30 v.H. oder gar 40 v.H. einzustufen sein.

### Sportliche Aktivitäten

Von Mannschaftssport oder Jogging wird Patienten mit der Sprunggelenkprothese abgeraten, da dadurch die Lockerung der Prothese verstärkt wird. Wohingegen Skilanglauf und Wandern in Maßen betrieben werden können.

Hinsichtlich der sportlichen Aktivitätsmöglichkeiten ist die stabile OSG-Arthrodese positiver einzustufen. Die Rückkehr zum Sport ist wie in **Tab. 3** aufgeführt möglich.

### Restbeweglichkeit

Während die Beweglichkeit des Vorfußes in der Sagittalebene zusammen mit der des Rückfußes im Vergleich zu einer Kontrollgruppe in der transversalen Ebene nach der OSG-Arthrodese ansteigt, nimmt die Beweglichkeit des Rückfußes in der sagittalen Ebene signifikant ab [75]. Die durchaus noch zufrieden stellende Plantarflexion und Dorsalextension beruht u. a. auf einer zunehmenden Beweglichkeit zwischen Talus und Os naviculare. Hierdurch verfügen die Patienten teilweise über eine recht erstaunliche Rest-(Neu-)Beweglichkeit. Buchner u. Sabo [13] fanden ein nahezu normales Gangbild trotz OSG-Arthrodese. Die tibiopedale Beweglichkeit blieb bis zu einem Ausmaß von 30–40% erhalten. Die Gehgeschwindigkeit reduzierte sich aufgrund einer verkürzten Schrittlänge.

### Komplikationen nach OSG-Arthrodese

Als Komplikationen der Arthrodese werden die Pseudarthrose (4–35%) und die postoperativen Wundheilungsstörungen (4–26%) angegeben [38]. Besonders das Pseudarthrosrisiko wird in der Literatur immer wieder diskutiert. Die Infektionsrate ist je nach Indikation mit bis zu 5–25% höher einzustufen, als bei anderen selektiven orthopädischen Eingriffen [1]. Neben den Pseudarthrosen und Infektionen werden noch andere Komplikationen wie verzögerte Wundheilung, Sepsis, Ermüdungsbrüche, kosmetisch ungünstige Narben, Entrapment des N. tibialis, Verletzung der Gefäß-Nerven-Bündel, Gangrän, persistierende Ödeme und schmerzhafte Neurome genannt [61].

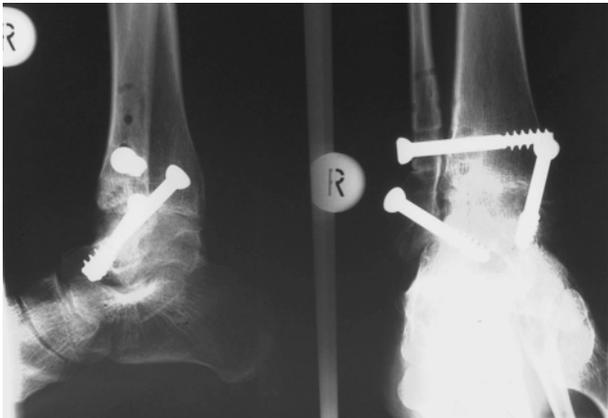
Eine wichtige Voraussetzung zur Reduzierung der Rate von Pseudarthrosen ist die adäquate Kompression der Gelenkpartner. Über die Fixierungstechnik mit transartikulären Schrauben ist in der Literatur vielfach positiv berichtet worden [72]. Dennoch finden sich teilweise auch mit modernen Operationsverfahren noch Pseudarthrosenraten zwischen 4% und 35%, die das Verbesserungspotential deutlich machen [37]. Eine entscheidende Determinante für die fehlende Knochenheilung ist der Nikotingenuss – Raucher haben signifikant höhere Pseudarthrosenraten als Nichtraucher. Postoperative Fehlstellungen werden zwischen 2% und 10% gesehen [37]. Ein besonderes Problem stellen Stressfrakturen oberhalb der Fusion im Bereich der Tibia dar (2–8% [37]). Zur Lösung dieses Problems bietet sich die retrograde Nageltechnik an (**Abb. 8**).

### Anschlussarthrosen anderer Gelenke

Ziel einer Arthrodese im Bereich des Sprunggelenks ist initial die Beseitigung von Instabilitäten, Schmerzen und die Wiederherstellung der Mobilität. Bei genügend langer Nachuntersuchungszeit werden Anschlussarthrosen nach OSG-Arthrosen beobachtet, wobei besonders das subtalare Gelenk davon betroffen ist [19, 27]. Hinsichtlich des Zeitraums bis zum Auftreten von radiologischen oder klinisch relevanten Anschlussarthro-



**Abb. 4** ◀ Arthrodesis mit Marknagel



**Abb. 5** ◀ Röntgenbild nach arthroskopischer OSG-Arthrodesis



**Abb. 6** ▲ Arthrodesis nach Explantation einer septischen Endoprothese

sen sowie deren Ausmaß gehen die Meinungen auseinander [38]. Buchner u. Sabo [13] fanden bei 22 von 48 Patienten nach 9,7 Jahren eine Anschlussarthrose (subtalar).

### Langzeitergebnisse

Ein Trend zu günstigeren Ergebnissen bei OSG-Arthrodesen ist im letzten Jahrzehnt erkennbar geworden, wenn man noch die Ergebnisse der 70er Jahre hierzu vergleicht. Morrey u. Wiedeman [50] haben dies im Hinblick auf die Langzeitergebnisse auf die interne Schraubenfixation, die Beachtung der richtigen Fußposi-

tion und die sorgfältige Patientenauswahl zurückgeführt.

Als eine gute und effektive Methode empfehlen Chen et al. [17] die Arthrodesis des OSG unter Verwendung zweier gekreuzter Schrauben, sie werden teilweise mit einem ventralen Verschiebespan kombiniert. Die Autoren untersuchten 40 Patienten; davon war bei 95% eine vollständige knöcherne Konsolidierung festzustellen. Die klinischen Ergebnisse waren bei 90% ihrer Patienten gut und sehr gut.

Kitaoka et al. [40] publizierten die Ergebnisse von 19 Patienten mit Arthrodesis im Bereich des OSG und/oder USG post-traumatischer Osteonekrose des Talus.

68% der Nachuntersuchten zeigten gute und sehr gute Ergebnisse, mäßige und schlechte Resultate fanden sich bei jeweils 16%.

Dahm et al. [22] beschrieben bei 68% von 25 Patienten sehr gute und gute sowie bei 24% mäßige Ergebnisse für die subtalare Kompressionsarthrodesis unter Verwendung nur einer Schraube. In 96% der Fälle wurde die knöcherne Konsolidierung erreicht.

Miehlke et al. [47] berichteten, dass er bei der Arthrodesis des OSG aufgrund einer rheumatoiden Arthritis nur eine Revisionsrate von 11,6% beobachtete und die Patientenzufriedenheit bei 93% lag.

Myerson u. Quil [51] verglichen bei 33 Patienten die arthroskopische Arthrodesis mit der offenen Arthrodesis. Eine interne Fixierung mit Kompression des tibiotalaren Gelenks wurde bei beiden Methoden angewandt. Die AAA wurde bei 17 Patienten durchgeführt. Sie fanden neben anderen Vorteilen eine raschere Knochendurchbauung bei der arthroskopisch unterstützten durchgeführten Arthrodesis. Einschränkend muss man jedoch anmerken, dass das Patientengut nicht ganz vergleichbar war, dennoch scheint die AAA auch im direkten Vergleich zumindest



**Abb. 7** ◀ OSG-Arthrodesese mit Verwendung der Fibula als „Bioplatte“



**Abb. 8** ▲ Retrograde Nagelung nach Ermüdungsfraktur der Tibia bei OSG-Arthrodesese

gleichwertig zur offenen Arthrodesese zu sein.

Ogilvie-Harris et al. [55] berichteten über Erfahrungen mit der AAA bei 19 Patienten und unterstrichen den geringen postoperativen Bedarf von Analgetika sowie den verkürzten Krankenhausaufenthalt. Ebenso berichteten Dent et al. [23] über positive Erfahrungen mit dieser Technik bei 8 Patienten. Glick et al. [28] konnten bei 34 Patienten eine Fusionsrate von 97% verzeichnen. Cameron u. Ullrich [14] berichteten zwar über eine 100%ige Fusionsrate nach durchschnittlich 11,5 Wochen bei 15 operierten Patienten, unterstrichen jedoch den hohen Schwierigkeitsgrad dieser Operationstechnik und wiesen auf das damit verbundene Komplikationsrisiko hin. Chylarecki et al. [18] beschrieben die Zufriedenheit der Patientenkollektive, bei denen eine AAA durchgeführt worden war, mit dem SF-36-Score.

O'Brien et al. [54] berichteten über 26 Fälle, von denen 19 arthroskopisch und 17 mittels offener Arthrodesese operiert worden waren. Die Ergebnisse zeigten, dass die AAA im Vergleich mit dem offenen Verfahren eine geringere Morbiditätsrate, eine kürzere Operationsdauer und einen geringeren Blutverlust aufwies.

Zvijac et al. [77] stellten eine retrospektive Studie vor, in welcher 21 Patienten (mittleres Lebensalter 52,7 Jahre) 34 Monate lang nach erfolgter AAA postoperativ beobachtet wurden. Die präoperative Beschwerdedauer betrug 4 Jahre. Die Patienten litten überwiegend an posttraumatischer Arthrose. Die klinische und radiologische Durchbauzeit betrug 8,9 Wochen. 9 Patienten hatten seit der Operation keine Schmerzen, kein Hinken und eine stabile Fusion. 11 Patienten gaben temporäres Hinken und gelegentlich Schmerzen an. Bei allen Patienten kam es zu einer ausreichenden Konsolidierung der Arthrodesese und die Zeit bis zur abgeschlos-

senen Konsolidierung war nach Angaben der Autoren deutlich kürzer.

Winson et al. [73] untersuchten bei 116 Patienten 118 arthroskopisch assistierte OSG-Arthrodesesen. Das mittlere Lebensalter betrug 57 Jahre. Die Indikation waren eine posttraumatische Arthrose in 67 Fällen, eine primäre Osteoarthritis in 36 Fällen, entzündliche Arthropathien in 13 Fällen und avaskuläre Nekrosen in 2 Fällen. Das mittlere Nachbeobachtungsintervall betrug 65 (18–144) Monate. Die präoperative talocrurale Deformität lag zwischen 22° Valgus und 28° Varus. In 94 Fällen lag die Deformität zwischen 10° Varus/Valgus. Die durchschnittliche Zeit bis zur knöchernen Fusion lag bei 12 Wochen.

Während die meisten Autoren nach wie vor die arthroskopische Arthrodesese des OSG nur durchführen, wenn minimale Deformitäten vorliegen, scheinen Winson et al. [73] sogar bei Fehlstellungen bis 25° erfolgreich zu sein. Sie vertreten weiterhin die Meinung, dass die Apposition

der talotibialen Gelenkflächen mittels Gelenkanfrischung der lateralen Rinne eine ausreichende Fusion des Gelenks gewährleistet. Es wurde keine Notwendigkeit zur Durchführung einer talofibulären Fusion gesehen.

Es ist sicher vorteilhaft, bei bestimmten Patienten lieber die AAA durchzuführen, als die offene konventionelle Arthrodesen. Das gilt v. a. für Patienten mit geringfügiger Winkeldeformität, und bei geringfügiger (<30%) avaskulärer Nekrose des Talus. Besonders die Rekonsolidierungszeit bei den Patienten mit AAA schien kürzer zu sein als bei denen, die offen operiert worden waren.

Voraussetzung zur AAA sollte jedoch immer sein, dass der Operateur bereits Erfahrungen in der operativen Sprunggelenk-arthroskopie besitzt; insbesondere sollte er technisch und instrumentell in der Lage sein, intraoperativ zu einer offenen Technik zu wechseln, falls dies die Situation erfordert. Trotz des minimal-invasiven Vorgehens kann dieser Eingriff nicht ohne weiteres unter ambulanten Bedingungen durchgeführt werden [23]. Die weichteilschonende arthroskopische Technik macht diesen Eingriff besonders empfehlenswert für Patienten, bei denen ein hohes Risiko für postoperative Wundrand- und Weichteilnekrosen besteht [24, 35].

Nach dem derzeitigen Stand des Wissens ist die Arthrodesen des OSG in offener oder arthroskopischer Technik „Goldstandard“ sowohl bei posttraumatischen Arthrosen als auch bei rheumatoider Destruktion.

### Vergleich Arthrodesen vs. Endoprothese

Der direkte Vergleich Arthrodesen vs. Endoprothese ist an sich kaum durchzuführen. Fairer Weise muss man auch anmerken, dass die Revisionsrate per se nicht das einzige Kriterium zur Beurteilung des Erfolgs einer Methode ist.

Zweifelsfrei richtig ist, dass mit den Prothesen der 1. und 2. Generation die klinischen Resultate kaum zufrieden stellend waren. Pyevich et al. [57] berichteten nach durchschnittlich 4,8 Jahren bei 86 durchgeführten Implantationen zwar nur über 5 Revisionen. Bei 16 Komponenten zeigte sich jedoch radiologisch bereits eine Mig-

ration und bei 37 Implantaten wurden Lysezonen an den tibialen Komponenten festgestellt. Nur 55% der Patienten waren schmerzfrei.

Kofoed u. Sorenson [41] stellten sich auch schon früh die Frage, ob die Indikation zur endoprothetischen Versorgung des OSG eher bei Osteoarthritis oder bei rheumatoider Arthritis gegeben sei. Verschiedentlich gingen sie lange davon aus, dass aufgrund gelenknaher Demineralisierung bei rheumatoider Arthritis eine primäre feste Verankerung v. a. einer zementfreien Prothese nicht zu erreichen sei. Kofoed u. Sorenson [41] untersuchten hierzu gleich starke Vergleichsgruppen und kamen hinsichtlich der Überlebensanalysen der Prothesen nach 14 Jahren annähernd zu gleichen Ergebnissen mit leicht besserem Ergebnis für die rheumatoide Arthritis. Die Schlussfolgerung war, dass auch eine schlechte Knochenqualität nicht unbedingt eine Kontraindikation für die Implantation einer Endoprothese darstellt.

Im Rahmen einer 100 Patienten umfassenden Studie wurden von Kofoed et al. [42] differenzierte altersbezogene Kalkulationen durchgeführt. Es wurden 30 OSG-Prothesen bei Patienten, die <50 Jahre waren, implantiert (Gruppe A); weiterhin 70 Implantationen bei Patienten, die >50 Jahre waren (Gruppe B). Alle Patienten sind mittels dem Kofoed-Score dokumentiert worden. Der Verteilungsquotient Osteoarthrose/rheumatoider Arthritis lag in der Gruppe A bei 18/12 und in der Gruppe B bei 43/27 (kein signifikanter Unterschied). Während in der Gruppe A nur eine Revision registriert wurde, kam es in der Gruppe B dagegen zur 4 Revisionen. Die Autoren folgerten, dass die Resultate der Sprunggelenkarthroplastik durchaus auch in jüngerem Alter akzeptabel seien.

Kofoed [43] ging ebenfalls der Frage nach, ob zementfreie oder zementierte Implantationen langlebiger sind. Er fand bei den zementfreien Endoprothesen deutlich bessere Ergebnisse als bei den zementierten Implantaten, die nach 3 Jahren erheblich abfielen. Auch wenn die Versagerquote nach 2 Jahren gleich ist, spricht doch alles für die zementfreie Version.

Die von Kofoed vor >17 Jahren entwickelte STAR-OSG-Prothese ist ein 3-

Hier steht eine Anzeige.

 Springer

Komponenten-Implantat. Kofoed [43] hat über eine Serie von 52 Sprunggelenkoperationen bei Patienten mit einem mittleren Alter von 58 Jahren zum Zeitpunkt der Operation berichtet. Alle Implantate waren zementiert (2-Komponenten-Prothesen 1981–1985, 3-Komponenten-Prothesen 1986–1989). Alle Patienten berichteten über Funktionsverbesserung und Schmerzreduktion. Die Analyse der Prothesenüberlebenszeit in einem Zeitraum von 10 Jahren ergab eine Überlebensrate von 70%. Alle Patienten hatten über 10 Jahren lang von dieser Operation profitiert.

Der prothetische Ersatz des Gelenks hatte bis vor wenigen Jahren keine vergleichbar guten Ergebnisse wie die Hüft- und Kniegelenkendoprothetik. Die optimistischen Frühergebnisse aus den 80er Jahren konnten zunächst der langfristigen Überprüfung nicht standhalten, denn es war zu keiner wesentlichen funktionellen Verbesserung bei den operierten Patienten gekommen.

Die Berücksichtigung der anatomischen Feinheiten bei verbesserter Operationstechnik sowie ausgereifte Implantate mit höherwertigen Materialien haben den Einsatz der Prothesen inzwischen zu einer zuverlässigen Behandlungsoption von Arthrosen des OSG werden lassen.

Der ideale Patient für die Endoprothetik ist der ältere Patient mit primärer Arthrose, moderatem Aktivitätsspiegel, normalem Gefäßstatus, gutem knöchernen Lager und normaler Rückfußachse. Patienten, die im Bereich des Gelenks sekundär nach durchgeführter Arthrodese im USG eine Arthrose entwickeln sind ebenfalls Kandidaten für die Endoprothetik.

Das häufigere Auftreten der Weichteilverletzung bei Zustand nach der Implantation der Prothese und das jüngere Alter des Patienten bei posttraumatischen Arthritis limitiert den Einsatz der Endoprothese und fördert die Durchführung der arthroskopischen Arthrodese an [73].

Die Arthrodese führt zwar zur Schmerzreduktion, aber auch zur Verminderung des Bewegungsausmaßes, zu verändertem Gangbild und erhöht das Risiko von Anschlussarthrosen in den Nachbar gelenken. Hierbei gilt es jedoch anzumerken, dass es noch nicht sicher erwiesen ist, ob die Implantation einer OSG-Endopro-

these die Inzidenz von Anschlussarthrosen reduziert.

In verschiedenen biomechanischen Studien konnte nachgewiesen werden, dass die Arthroplastik des OSG im Vergleich zur Arthrodese die Kinematik des intakten OSG besser simuliert [11, 20, 45, 46]. Über die klinischen Überlebenszeiten sagt dies jedoch noch nichts aus. Zweifelsfrei wird man über den Einsatz von OSG-Prothesen intensiver nachdenken, wenn man die Haltbarkeitsdauer der Prothesen mit >7–9 Jahren angeben könnte [1, 14, 15, 19]. Zu dieser Frage nehmen sicherlich die Autoren der übrigen Kapitel in diesem Orthopäden weiter Stellung.

### Fazit für die Praxis

**Präoperativ sollte eine adäquate konservative Therapie einschließlich einer Schuhversorgung unbedingt stattgefunden haben. Eine diagnostische Infiltration des OSG mit einem Lokalanästhetikum verifiziert die Schmerzlokalisierung. Wichtig ist eine adäquate Operationstechnik, die eine kongruenzerhaltende Knorpelresektion und Knochenanfrischung gewährleistet. Die Osteosynthese muss eine gute interfragmentäre Kompression ermöglichen. Die Einschränkung der funktionellen Leistungsfähigkeit nach Arthrodese förderte die Entwicklung der Prothesen. Wegen hoher Raten frühzeitiger aseptischer Lockerungen der früheren Modelle ist bisher im Bereich der OSG-Endoprothese kein weiterer klinischer Durchbruch zu verzeichnen.**

**Die weitere Entwicklung wird sicherlich durch folgende Fragen bestimmt werden:**

- **Werden die funktionellen klinischen Resultate des Arthrodeseverfahrens von denen der Endoprothese des OSG übertroffen?**
- **Können mit der Implantation einer OSG-Endoprothese Anschlussarthrosen verhindert werden?**
- **Kommen die Standzeiten von Endoprothesen in die Bereiche, die wir von Hüft- und Knieendoprothesen gewohnt sind?**

— **Letztendlich wird auch die Frage eine Rolle spielen, wie anspruchsvoll die Implantationstechnik ist.**

**OSG-Endoprothesen, die nur von „Spezialisten“ zu implantieren sind, werden zwangsläufig keine weite Verbreitung finden. Da solche Implantate nach der allgemeinen Erfahrung dann doch auch von „Nicht-Spezialisten“ implantiert werden, werden Fehlschläge und die damit verbundenen schlechten Erfahrungen nicht ausbleiben.**

### Korrespondierender Autor

**Prof. Dr. Dr. J. Jerosch**

Klinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, Johanna-Etienne-Krankenhaus Am Hasenberg 46, 41462 Neuss  
j.jerosch@jek-neuss.de

**Interessenkonflikt.** Keine Angaben

### Literatur

1. Ahlberg A, Henricson AS (1981) Late results of ankle fusion. Acta Orthop Scand 52: 103–105
2. Albert E (1879) Zur Resektion des Kniegelenkes. Wien Med Press, Wien, S 20–705
3. Alonso-Vazquez A, Lauge-Pederson H, Lidgren L, Taylor M (2004) The effect of bone quality on the stability of ankle arthrodesis. A finite element study. Foot Ankle Int 25(11): 840–850
4. Amendola A, Petrik J, Webster-Bogaert S (1996) Ankle arthroscopy: outcome in 79 consecutive patients. Arthroscopy 12: 565–573
5. Anderson T, Montgomery F, Carlsson A (2003) Uncemented STAR total ankle prostheses. Three to eight –year follow up of 51 consecutive ankles. J Bone Joint Surg Am 85: 1321–1329
6. Bauer G, Kinzl L (1996) Arthrodesen des oberen Sprunggelenks. Orthopädie 25: 158–165
7. Bauer R, Kerschbaumer F, Poisel S (1995) Orthopädische Operationslehre untere Extremität. Thieme, Stuttgart New York
8. Bednarz PA, Beals TC, Manoli A (1997) Subtalar distraction bone block fusion: an assessment of outcome. Foot Ankle Intern 12: 785–791
9. Bertolini R, Leutert G (1987) Atlas der Anatomie des Menschen, Bd 1. Thieme, Leipzig
10. Bier A, Braun H, Kümmel H (1917) Chirurgische Operationslehre. Thieme, Leipzig
11. Blömer W, Ungethüm M, Stuhler T (1994) Vergleichende mechanische Untersuchungen verschiedener Fixateur externe Montagen bei Sprunggelenksarthrosen. In: Stuhler T (Hrsg) Arthrodesen. Thieme, Stuttgart, S 229–236
12. Bereiter-Hahn W, Schiefke N, Mehrtens G (1999) Erfahrungswerte zum Grad der Minderung der Erwerbsfähigkeit 1999. UV/Erg-Lfg 1/99: J001–J063
13. Buchner M, Sabo D (2003) Ankle fusion attributable to posttraumatic arthrosis: a long-term followup of 48 patients. Clin Orthop Relat Res 406: 155–164
14. Buck P, Morrey BF, Chao EYS (1987) The optimum position of arthrodesis of the ankle. J Bone Joint Surg Am 69: 1052–1062

15. Cameron SE, Ullrich P (2000) Arthroscopic arthrodesis of the ankle joint. *Arthroscopy* 16: 21–26
16. Charnley J (1951) Compression arthrodesis of the ankle and shoulder. *J Bone Joint Surg Br* 33: 180–191
17. Chen YJ, Huang TJ, Shih HN (1996) Ankle arthrodesis with cross-screw fixation. *Acta Orthop Scand* 5: 473–478
18. Chylarecki C, Scheele H, Mumme T (1999) Lebensqualität bei einer Arthrodesese des oberen Sprunggelenkes – Ergebnisse nach mehr als 20 Jahren. *Unfallchirurg* 275: 203–204
19. Coester LM, Saltzman CL, Leupold J, Pontarelli W (2001) Long term results following ankle arthrodesis for post traumatic arthritis. *J Bone Joint Surg Am* 83: 219–228
20. Corso SJ, Zimmer TJ (1995) Technique and clinical evaluation of arthroscopic ankle arthrodesis. *Arthroscopy* 11: 585–590
21. Crosby LA, Yee TC, Formanek TS, Fitzgibbons TC (1996) Complications following arthroscopic ankle arthrodesis. *Foot Ankle Int* 17: 340–342
22. Dahm DL, Kitaoka HB (1998) Subtalar arthrodesis with internal compression for post-traumatic arthritis. *J Bone Joint Surg* 1: 134–138
23. Dent CM, Patil M, Fairclough JA (1993) Arthroscopic ankle arthrodesis. *J Bone Joint Surg Br* 75: 830–832
24. Fisher RL, Ryan WR, Dugdale TW, Zimmermann GA (1997) Arthroscopic ankle fusion. *Conn Med* 6: 643–646
25. Fitzgibbons TC (1999) Arthroscopic ankle débridement and fusion: indications, techniques, and results. *Instr Course Lect* 48: 243–248
26. Foltin E, Wurdinger W (1994) Die Arthrodesese des oberen Sprunggelenkes nach Wilsoln. In: Stuhler T (Hrsg) *Arthrodesen*. Thieme, Stuttgart New York, S 254–256
27. Fuchs S, Sandmann CL, Skwara A, Chylarecki C (2003) Quality of life 20 years after arthrodesis of the ankle: a study of adjacent joints. *J Bone Joint Surg Br* 85: 994–998
28. Glick JM, Morgan CD, Myerson MS, Sampson TG, Mann JA (1996) Ankle arthrodesis using an arthroscopic method: long-term follow-up of 34 cases. *Arthroscopy* 12: 428–434
29. Giolito A, Grob C (1994) Verriegelungsarthrodesese des oberen Sprunggelenkes. In: Stuhler T (Hrsg) *Arthrodesen*. Thieme, Stuttgart New York, S 252–253
30. Holz U (1994) Die Arthrodesese des oberen Sprunggelenkes mit Zugschrauben. In: Stuhler T (Hrsg) *Arthrodesen*. Thieme, Stuttgart New York, S 248–251
31. Jay RM (2000) A new concept of ankle arthrodesis via arthroscopic technique. *Clin Podiatr Med Surg* 17: 147–157
32. Jäger M, Wirth CJ (1992) *Praxis der Orthopädie*. Thieme, Stuttgart New York
33. Jerosch J, Schneider T, Strauss JM, Schürmann N (1993) Arthroskopie des oberen Sprunggelenkes. Indikationslisten der Literatur – realistische Erwartungen – Komplikationen. *Unfallchirurg* 96: 82–87
34. Jerosch J, Steinbeck J, Schröder M, Halm H (1994) Arthroscopic treatment of anterior synovitis of the ankle in athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy* 2: 176–181
35. Jerosch J, Steinbeck J, Schröder M, Reer R (1996) Arthroscopically assisted arthrodesis (AAA) of the ankle joint. *Arch Orthop Trauma Surg* 115: 182–189
36. Jerosch J (1999) Arthroskopische Operationen am oberen Sprunggelenk. Indikationen, Technik, Ergebnisse, Komplikationen. *Orthopäde* 28: 538–549
37. Jerosch J (2000) Perkutane Spongiosagewinnung. In: Pfeil J, Siebert W, Janousek A, Josten C (Hrsg) *Minimal-invasive Verfahren in der Orthopädie und Traumatologie*. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokio, S 172–176
38. Jerosch J, Vollmert O (2005) Arthrodeseseverfahren am oberen Sprunggelenk. *Trauma Berufskrankheit* 7(Suppl 1): 78–84
39. Kashuk KB, Carbonell JA, Blum JA (1997) Arthroscopic stabilization of the ankle. *Clin Pediatr Med Surg* 14: 459–478
40. Kitaoka HB (1999) Arthrodesis of the Ankle: Technique, Complications and Salvage treatment. *Instr Course Lect* 48: 255–261
41. Kofoed H, Sorenson TS (1998) Ankle arthroplasty for rheumatoid arthritis and osteoarthritis: Prospective long term study of cemented replacements. *J Bone Joint Surg Br* 80(2): 328–332
42. Kofoed H, Lundberg-Jensen A (1999) Ankle arthroplasty in younger and older than 50 years. *Foot Ankle Int* 20(8): 501–506
43. Kofoed H (2004) Scandinavian total ankle replacement. *Clin Orthop Relat Res* 424: 73
44. Lahm A, Erggelet C, Steinwachs M, Reichelt A (2000) Arthroscopic management of osteochondral lesions of the talus: results of drilling and usefulness of magnetic resonance imaging before and after treatment. *Arthroscopy* 16: 299–304
45. Lang M (1997) Kompressions-Resektionsarthrodesese mit Fixateur externe im oberen Sprunggelenk. Medizinische Dissertation, Universität Tübingen
46. Mehrhoff F, Muhr G (1999) *Unfallbegutachtung*. de-Gruyter, Berlin
47. Miehlke W, Gwschend N, Rippstein P (1997) Compression arthrodesis of the rheumatoid ankle and hind foot. *Clin Orthop* 340: 75–86
48. Mollowitz G (1998) *Der Unfallmann*. Springer, Berlin Heidelberg New York
49. Morgan CD, Henke JA, Bailey RW, Kaufer H (1985) Long-term results of tibiotalar arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am* 67: 546–550
50. Morrey BF, Wiedeman GP Jr (1980) Complications and long term results of ankle arthrodesese following trauma. *J Bone Joint Surg Am* 62: 777
51. Myerson MS, Quill G (1991) Ankle arthrodesis. A comparison of an arthroscopic and an open method of treatment. *Clin Orthop* 268: 84–95
52. Nelson F, SooHoo, Kominski G (2004) Cost effectiveness analysis of total ankle arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 86: 2446–2455
53. Niemy K (1905) Zur Behandlung der Fußdeformitäten bei ausgeprägten Lähmungen. *Arch Orthop Unfallchir* 3: 60–64
54. O'Brien TS, Hart TS, Shereff MJ, Stone J, Johnson J (1999) Open versus arthroscopic ankle arthrodesis: a comparative study. *Foot Ankle Int* 20: 368–374
55. Ogilvie-Harris DJ, Lieberman I, Fittalis D (1993) Arthroscopically assisted arthrodesis for osteoarthritic ankles. *J Bone Joint Surg Am* 75: 1167–1174
56. Ogilvie-Harris DJ, Sarrosa EA (1999) Arthroscopic treatment after previous failed open surgery for osteochondritis dissecans of the talus. *Arthroscopy* 15: 809–812
57. Pyevich MT, Saltzman CL, Callaghan JJ, Alvine FG (1998) Total ankle arthroplasty: a unique design: two to twelve year follow up. *J Bone Joint Surg Am* 80: 1410–1420
58. Rompe G, Erlenkämper A (2004) Synopse der Bewertung von Leistungsbeeinträchtigungen in den verschiedenen Gebieten der Sozialversicherung in Deutschland. Begutachtung der Bewegung und Haltungsorgane, 4. Aufl. Thieme, Stuttgart New York
59. Schönberger A, Mehtens G, Valentin H (2003) *Arbeitsunfall und Berufskrankheit*, 7 Aufl. Schmidt, Berlin
60. Schürmann J, Ludolph E, Lehmann R (2001) Die wichtigsten Mde-Tabellenwerte. *Kursbuch der ärztlichen Begutachtung*. Ecomed, Landsberg, S 1–32
61. Scranton PE Jr (1991) An overview of ankle arthrodesis. *Clin Orthop* 268: 96–101
62. Soldner E, Börner M (1994). Die Arthrodesese im unteren Sprunggelenk nach Fersenbeinfrakturen. In: Stuhler T (Hrsg) *Arthrodesen*, Thieme, Stuttgart New York, S 296–299
63. Thermann H, Hüfner T, Roehler A, Tscherne H (1996) Schraubenarthrodesese des oberen Sprunggelenkes. *Orthopädie* 25: 166–176
64. Thomann KD (1994) Die künstliche Gelenkversteifung-zur Geschichte eines therapeutischen Verfahrens. In: Stuhler T (Hrsg) *Arthrodesen*. Thieme, Stuttgart New York, S 2–21
65. Thomas RH, Daniels TR (2003) Ankle arthritis. *J Bone Joint Surg Am* 85: 923–936
66. Trieb K, Wirtz DC, Dürr HR, König DP (2005) Ergebnisse nach Arthrodesese des Oberen Sprunggelenkes. *Z Orthop* 143: 222–226
67. Turan I, Wredmark T, Fellander-Tsai L (1995) Arthroscopic ankle arthrodesis in rheumatoid arthritis. *Clin Orthop* 320: 110–114
68. Valderrabano V, Hintermann B, Nigg BM, Stefanyhyn D (2003) Kinematic changes after fusion and total replacement of the ankle, Part 1: Range of motion. *Foot Ankle Int* 24: 881–887
69. Valderrabano V, Hintermann B, Nigg BM, Stefanyhyn D (2003) Kinematic changes after fusion and total replacement of the ankle, Part 2: Movement transfer. *Foot Ankle Int* 24: 888–896
70. van Dijk CN, Scholte D (1997) Arthroscopy of the ankle joint. *Arthroscopy* 13: 90–96
71. van Dijk CN, Tol JL, Verheyen CC (1997) A prospective study of prognostic factors concerning the outcome of arthroscopic surgery for anterior ankle impingement. *Am J Sports Med* 25: 737–745
72. Wagner H, Pock HG (1982) Die Verschraubungssos-teosynthese der Sprunggelenke. *Unfallheilkunde* 85: 280–300
73. Winson IG, Robinson DE, Allen PE (2005) Arthroscopic ankle arthrodesis. *J Bone Joint Surg Br* 87: 343–347
74. Wood PL, Deakin S (2003) Total ankle replacement. The results in 200 ankles. *J Bone Joint Surg Br* 85: 334–341
75. Wu WL, Su FC, Cheng YM (2000) Gait analysis after ankle arthrodesis. *Gait Posture* 11: 54–61
76. Wülker N, Flamme CH, Müller A, Wirth CJ (1997) 10-Jahres Verläufe nach Arthrodesen der Rückfüßgelenke und des oberen Sprunggelenkes. *Orthopäde* 135: 509–515
77. Zvijac JE, Lemak L, Schuhooff MR, Hechtman KS, Uribe JW (2002) Analysis of arthroscopically assisted ankle arthrodesis. *Arthroscopy* 18: 70–75